

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-216731

(P2000-216731A)

(43) 公開日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 B 10/14

H 0 4 B 9/00

S 5 K 0 0 2

10/06

J

10/04

E

10/17

10/16

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-15201

(22) 出願日 平成11年1月25日(1999.1.25)

(71) 出願人 000232047

日本電気エンジニアリング株式会社

東京都港区芝浦三丁目18番21号

(72) 発明者 長岡 征典

東京都港区芝浦三丁目18番21号 日本電気

エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外2名)

Fターム(参考) 5K002 AA06 BA02 BA05 CA08 CA13

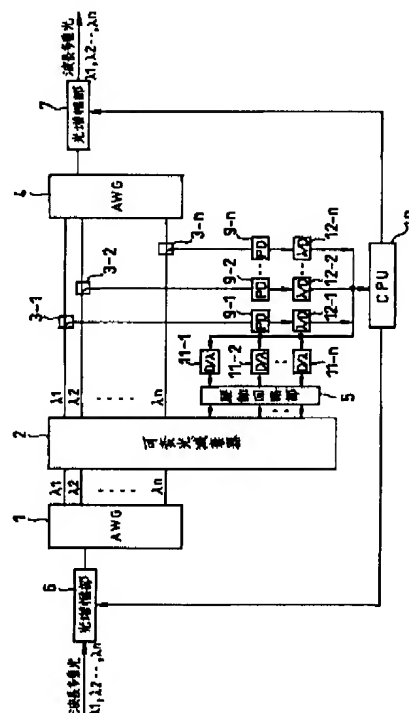
DA02

(54) 【発明の名称】 光等化増幅器

(57) 【要約】

【課題】 波長多重光を増幅すると共に複数の各波長の光出力レベルを高精度かつ容易に出力一定制御を行う光等化増幅器を得る。

【解決手段】 入力された波長多重光を分波するためのAWG 1と、分波された各光信号の光レベルを個々に調整するための可変光減衰器 2と、可変光減衰器 2からの出力レベルを一定にするための制御を行うCPU 10と、各光出力レベル値をデジタル値に変換するためのA/D変換器 12-1~12-nと、可変光減衰器 2を駆動するための駆動回路 5と、この駆動回路 5に対してアナログの制御値を出力するためのD/A変換器 11-1~11-nと、光レベルが一定になった各波長の光信号を合波するためのAWG 4と、前段光増幅部 6と後段光増幅部 7とにより構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力された波長多重光を分波する分波手段と、これ等各分波出力のレベル制御を夫々独立に行うレベル調整手段と、このレベル調整後の各出力光のレベルを夫々検出して設定値になるよう前記レベル調整手段を制御する制御手段とを含むことを特徴とする光等化増幅器。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記レベル調整後の各出力光を電気信号に夫々変換して、これ等各電気信号を前記設定値と夫々比較し各比較出力に応じて前記レベル調整手段を制御するアナログ処理回路を有することを特徴とする請求項 1 記載の光等化増幅器。

【請求項 3】 前記制御手段は、前記電気信号をデジタル化し、これ等デジタル信号と前記設定値のデジタル信号とを比較して各比較出力に応じて前記レベル調整手段を制御するデジタル処理回路を有することを特徴とする請求項 1 記載の光等化増幅器。

【請求項 4】 前記レベル調整手段の出力を合波する合波手段と、この合波出力を増幅する光増幅手段とを更に含むことを特徴とする請求項 1～3 いずれか記載の光等化増幅器。

【請求項 5】 前記分波手段の前段に設けられ前記入力された波長多重光を増幅する増幅手段を更に含むことを特徴とする請求項 1～4 いずれか記載の光等化増幅器。

【請求項 6】 前記制御手段は、初期状態において予め定められた判別閾値よりも小なる出力光が存在する場合、この出力光のレベル調整を行わないようにしたことを特徴とする請求項 1～5 いずれか記載の光等化増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光等化増幅器に関するもので、特に波長多重伝送用の光等化増幅器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 特開平 9-211507 号公報に開示の技術では、エルビウムドープファイバの光利得が増幅波長帯域において、波長に対してリニアに変化する特性を利用して、信号光が含まれる波長帯域内で複数の波長帯域の検出レベルが一致すれば、全ての波長において光レベルが一致する特性を利用している。本特性を利用した具体例を図 7 を参照しつつ説明する。

【0003】 波長に対して互いに増幅特性の異なる複数の希土類ドープファイバ（エルビウムドープファイバ）13～15 は直列に接続されている。光源 16～18 はそれぞれ CPU 28 の制御に従って希土類ドープファイバ 13～15 に対して励起光を入射する。CPU 28 はホトダイオード（PD）27-1～27-n によって検出された各チャンネルの光レベルを受信し、各値をそれぞれ A/D 変換してメモリに取り込む。この検出した光

レベルがある閾値を超えている PD のうちで最も波長が短い PD と、最も波長が長い PD を判別する。最も波長が短い PD の光パワーを  $P_s$  とし、最も波長が長い PD の光パワーを  $P_l$  とする。

【0004】 次に、検出した光レベルが最大の PD を判別し、この光パワーを  $P_{max}$  とする。更に、 $P_s$  と  $P_l$  との大小関係を調べ、小さい方を  $P_{min}$  とする。これら算出された値から、 $P_s/P_{min}$ 、 $P_l/P_{min}$ 、 $P_{max}/P_{min}$  を算出し、この結果から光源 16～18 を制御するための情報を制御情報格納テーブルから取り出す。この制御情報格納テーブルは、 $P_s/P_{min}$ 、 $P_l/P_{min}$ 、 $P_{max}/P_{min}$  に対して、それぞれ光源 16～18 が生成する励起光の光パワーを指定する情報を格納している。

【0005】 この制御情報格納テーブルから取り出した 3 つの値をそれぞれ D/A 変換して光源 16～18 に対して出力する。こうして、光源 16～18 が出力する励起光の光パワーを制御し  $P_s = P_l$  となるような制御を行い、出力される波長多重光の各チャンネルの光レベルを互いに等しくする。そして、この出力された波長多重光は光分岐カプラ 22 により分岐され PD 23 に入力される。ALC（自動レベル制御）回路 24 はこの PD 23 の出力レベルが一定になるように可変光減衰器 21 の減衰量を制御して一定の光レベルを保持する構成となっている。

【0006】 波長多重光は光分岐カプラ 19 により分岐され、光分岐スターカプラ 20 に入力される。光分岐スターカプラ 20 は、入力される光をある波長帯域において  $n$  等分してそれぞれ波長選択フィルタ 26-1～26-n へ送っている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 第 1 の問題点は、増幅波長帯域において、信号光の最短波長を含む波長帯域のレベルと信号光の最長波長を含む波長帯域のレベルを一致させると、最短波長と最長波長で示される波長帯域内の光出力レベル差が小さくなる特性を利用しているため常に全ての光出力レベルが一定である保証が無い。

【0008】 第 2 の問題点は、上記問題点 1 の特性を利用するための構成として出力波長に対して互いに増幅特性の異なる複数の希土類ドープファイバ（エルビウムドープファイバ）を設け、更に各希土類ドープファイバ毎に励起光を用意しこれらを個別に制御しなければならなため制御が面倒かつ構成が複雑になる。

【0009】 第 3 の問題点は、個別に制御を行う励起光の制御情報を予めなんらかの方法（従来技術による方法では具体的に述べられていない）でデータ採取する必要があると考えられるが、あらゆる条件下においても安定動作させるためのデータ採取はかなり面倒な測定が必要になることが予想される。

【0010】 本発明の目的は、複数の希土類ドープファ

## 3

イバや励起光を持たない簡単な構成かつ制御情報格納テーブルを用いずに制御を行い、更に出力レベル一定制御精度及び信頼度を向上させた光等化増幅器を提供することである。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、入力された波長多重光を分波する分波手段と、これ等各分波出力のレベル制御を夫々独立に行うレベル調整手段と、このレベル調整後の各出力光のレベルを夫々検出して設定値になるよう前記レベル調整手段を制御する制御手段とを含むことを特徴とする光等化増幅器が得られる。

【0012】そして、前記制御手段は、前記レベル調整後の各出力光を電気信号に夫々変換して、これ等各電気信号を前記設定値と夫々比較し各比較出力に応じて前記レベル調整手段を制御するアナログ処理回路を有することを特徴とし、また前記制御手段は、前記電気信号をデジタル化し、これ等デジタル信号と前記設定値のデジタル信号とを比較して各比較出力に応じて前記レベル調整手段を制御するデジタル処理回路を有することを特徴とする。

【0013】また、前記レベル調整手段の出力を合波する合波手段と、この合波出力を増幅する光増幅手段とを含むことを特徴とし、更に前記分波手段の前段に設けられ前記入力された波長多重光を増幅する増幅手段を含むことを特徴とする。そして、前記制御手段は、初期状態において予め定められた判別閾値よりも小なる出力光が存在する場合、この出力光のレベル調整を行わないようにしたことを特徴とする。

【0014】本発明の作用を述べる。入力された波長多重光を夫々分波して各分波光毎に独立にレベルが一定になるように制御することにより、複数の希土類ドープファイバを設けたり、希土類ドープファイバ用の励起光が必要で無くなるとともに、制御情報格納テーブルを用意する必要が無くなるため、制御が簡単になる。更に、各光信号毎に制御を行うので制御精度の信頼性が向上する。

## 【0015】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。図1は本発明の一実施例のブロック図である。図1に示した光等化増幅器は、基本的に、入力された波長多重光( $\lambda_1 \sim \lambda_n$ )を分波するためのAWG1(アレイ導波路格子: Arrayed Waveguide Grating)と、分波された各光信号の光レベルを個々に調整するための可変光減衰器2と、可変光減衰器2からの出力レベルを一定に制御するためのALC回路部8と、可変光減衰器2を駆動するための駆動回路部5と、光レベルが一定になった各波長の光信号を合波するためのAWG4とにより構成されている。

【0016】図1の構成についてより詳細に説明する。

図1を参照すると、雑音指数劣化を抑えるためと高出力

## 4

パワーを確保するため前段と後段の各々に、光増幅部6及び7を設け、その間に光等化器部を設ける構成となっている。この光等化部では、AWG1及び4を用いて波長多重光の分波及び合波を行い、AWG1にて分波された光信号は可変光減衰器2とALC回路8とを用いて、独立に個々に所定レベルに調整されることで、各波長の光信号出力が一定になるように制御される。

【0017】尚、図1において、 $3-1 \sim 3-n$ は各入力光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に夫々対応した光分岐カプラであり、 $9-1 \sim 9-n$ は同じく入力光波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に夫々対応したホトダイオード(光/電気変換素子)である。

【0018】本光等化増幅器は、図2に示す4つの波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ が多重化された波長多重光を等化増幅するものとして説明する。前段光増幅部6からの波長多重光

( $\lambda_1 \sim \lambda_4$ )がAWG1に入力されると、AWG1は各波長毎に分波し個々の光信号として出力する。この出力された光信号が可変光減衰器2に入力される。可変光減衰器2から出力された各光信号は光分岐カプラ $3-1 \sim 3-4$ により分岐され、各波長毎に用意されたPD $9-1 \sim 9-4$ とAWG4に対して入力される。

【0019】動作開始直後(初期時)は、可変光減衰器2は最小減衰状態から動作開始するためPD $9-1 \sim 9-4$ とAWG4に対して入力される光信号レベルは最高レベルとなる。PD $9-1 \sim 9-4$ では入力された光信号を電気信号に変換し、ALC回路部8に出力する。ALC回路部8は波長毎に入力波長判別回路と出力レベル一定制御回路が含まれている。ALC回路部8では最初に各波長毎に入力波長判別閾値との比較を行い信号光があるレベル以上で入力されているかの確認を行う。入力される波長多重光に対して入力波長判別閾値と設定光出力レベルが図2の様に設定された場合、 $\lambda_4$ だけが入力波長判別閾値に達していないため、 $\lambda_4$ に対しては出力レベル一定制御を行わず、 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ に関しては、出力光レベルが設定光出力レベルになるような一定制御を行う。

【0020】入力波長判別閾値は、可変抵抗等を用いて予めレベル調整を行う。同様に設定光出力レベル値も可変抵抗等を用いて出力したいレベルに予め調整する。 $\lambda_1$ は設定光出力レベル値より超えているため、ALC回路部8では減衰量を現状値より大きくする制御値を駆動回路部5に対して出力し、 $\lambda_1$ の光出力レベルを低くする。同様に、 $\lambda_2$ は設定光出力レベル値と等しいためALC回路部8では減衰量を現状値と同じにする制御値を駆動回路部5に対して出力し、 $\lambda_2$ の光出力レベルを現状のままとする。 $\lambda_3$ は設定光出力レベル値より低いいため、ALC回路部8では減衰量を現状値より小さくする制御値を駆動回路部5に対して出力し、 $\lambda_3$ の光出力レベルを大きくする。この動作を設定光出力レベルになるまで各波長毎に行う。各制御値は現在の光出力レベルと

設定光出力レベル設定値を比較演算することで算出する。

【0021】こうして、各出力レベルが一定になった各信号光がAWG4で再度合波され波長多重光として後段光増幅部7に送られる。また、ALC回路部8より後段光増幅部7に対して最適波長数を転送する。この最適波長数はALC回路部8で認識出来る信号光のことであり、本実施例の場合3波という情報を転送する。この情報を受けた、前段光増幅部6と後段光増幅部7とは「4波→3波」動作に切り替えて動作を行うことで最適動作を行う。前段増幅部6と後段光増幅部7は、波長数により出力レベル及びアラーム発出閾値の切り替え制御機能を持っている。

【0022】図3は図2で示される波長多重光が入力された状態で、上記制御を行った場合の結果を示す図である。

【0023】図4は本発明の第二の実施例のブロック図であり、図1と同等部分は同一符号にて示している。図1では、ALC回路部8を含めてアナログ処理を行っている例であるが、本例では、CPU10を用いてデジタル処理にて制御を行う場合の実施例である。

【0024】図1の例と同様、前段光増幅部6からの波長多重光( $\lambda 1 \sim \lambda 4$ )がAWG1に入力されると、AWG1は各波長毎に分波し個々の光信号として出力する。この出力された光信号が可変光減衰器2に入力される。可変光減衰器2から出力された各光信号は光分岐カプラ3-1~3-4により夫々分岐され、各波長毎に用意されたPD9-1~9-4とAWG4に対して入力される。

【0025】動作開始直後(初期時)は、可変光減衰器2は最小減衰状態から動作開始するためPD9-1~9-4とAWG4に対して入力される光信号レベルは最高レベルとなる。PD9-1~PD9-4では入力された光信号を電気信号に変換し、A/D(アナログ/デジタル)変換器12-1~12-4に対して出力する。A/D変換器12-1~12-4ではアナログ値をデジタル値に変換し、CPU10に出力する。CPU10では入力波長判別と出力レベル一定制御を行う。

【0026】以下、CPU10の制御動作について図5、6のフローチャートを用いて説明する。ステップS1では、メモリから入力波長判別閾値を読み込む。ステップS2では、PD9-1~PD9-4の検出値をA/D変換する。ステップS3では、各波長毎に入力波長判別閾値とA/D変換器12-1~12-4の変換値との比較を行い信号光があるレベル以上で入力されているかの判別を行う。

【0027】ステップS4では、入力波長判別閾値より低いレベルの信号光があるかの判別を行い、入力波長判別閾値より低いレベルの信号光に対してはステップS1に移行し、可変光減衰器2の減衰量が最大になる制御

量をD/A(デジタル/アナログ)変換器11-4に対して出力する。入力波長判別閾値より高いレベルの信号光に対してはステップS5に移行する。入力される波長多重光に対して入力波長判別閾値と設定光出力レベルが図2の様に設定された場合、 $\lambda 4$ だけが入力波長判別閾値に達していないため出力レベル一定制御は行わず、 $\lambda 1 \sim \lambda 3$ に関しては、出力光レベルが設定光出力レベルになるような一定制御を行う。

【0028】ステップS5では、各波長毎に出力設定レベル値とA/D変換器12-1~12-4の変換値との比較を行う。ステップS6~S8においてステップS5の結果から各波長毎に制御量の算出を行う。 $\lambda 1$ は設定光出力レベル値より超えているため、CPU10では減衰量を現状値より大きくする制御値をD/A変換器11-1に対して出力し、 $\lambda 1$ の光出力レベルを低くする。

【0029】同様に、 $\lambda 2$ は設定光出力レベル値と等しいため、CPU10では減衰量を現状値と同じにする制御値をD/A変換器11-2に対して出力し、 $\lambda 2$ の光出力レベルを現状のままとする。 $\lambda 3$ は設定光出力レベル値より低いいため、CPU10では減衰量を現状値より小さくする制御値をD/A変換器11-3に対して出力し、 $\lambda 3$ の光出力レベルを大きくする。

【0030】入力されている波長全てに対して一回制御を行ったら、ステップS9へ移行する。ステップS9では、制御を行った結果設定光出力レベル値とA/D変換器12-1~12-4の変換値が等しいかの確認を行う。等しくない波長に対しては再度ステップS5へ移行し上記動作を繰り返し行う。等しい波長に対しては、ステップS10に移行する。

【0031】ステップS6~S8での各制御値は、現在の光出力レベルと設定光出力レベル値を比較演算することで算出する。こうして各出力レベルが一定になった各信号光が、AWG4で再度合波され波長多重光として後段光増幅部7に送られる。ステップS10では、後段光増幅部7に対して最適波長数を転送する。この最適波長数はCPU10で認識出来る信号光のことであり、本実施例の場合3波という情報を転送する。この情報を受けた、前段光増幅部6と後段光増幅部7とは「4波→3波」動作に切り替えて動作を行うことで最適動作を行う。

【0032】以上の処理により、図2の制御前の出力光レベルが図3に示す様になることは図1の例と同様である。尚、前段増幅部6と後段光増幅部7とは波長数により出力レベル及びアラーム発出閾値の切り替え制御機能を持っており、また、入力波長判別閾値と設定光出力レベル値の書き換えは外部から自由に変更可能である。

【0033】

【発明の効果】第1の効果は光出力レベルの精度及び信頼度が向上する。その理由は、AWGと可変光減衰器を用いることにより、各波長毎に光出力レベル一定制御を

(5)

特開2000-216731

7

8

行うことによる。第2の効果は構造がシンプルになる。その理由は、複数の希土類ドープファイバと励起光を用いずに、AWGと可変光減衰器で構成出来ることによる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施形態を示す光等化増幅器のブロック図である。

【図2】制御前の出力光レベルの例を示す図である。

【図3】制御後の出力光レベルの例を示す図である。

【図4】本発明の第二の実施形態を示す光等化増幅器の10 ブロック図である。

【図5】CPU制御の動作を説明するフローチャート(1/2)である。

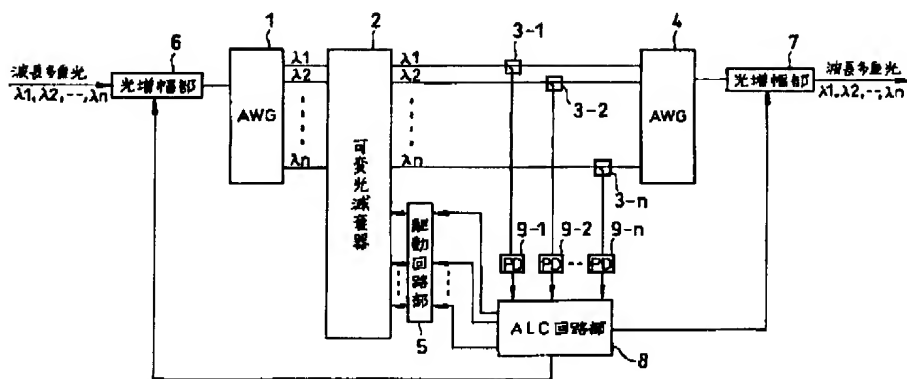
【図6】CPU制御の動作を説明するフローチャート(2/2)である。

【図7】従来例を示す光等化増幅器のブロック図である。

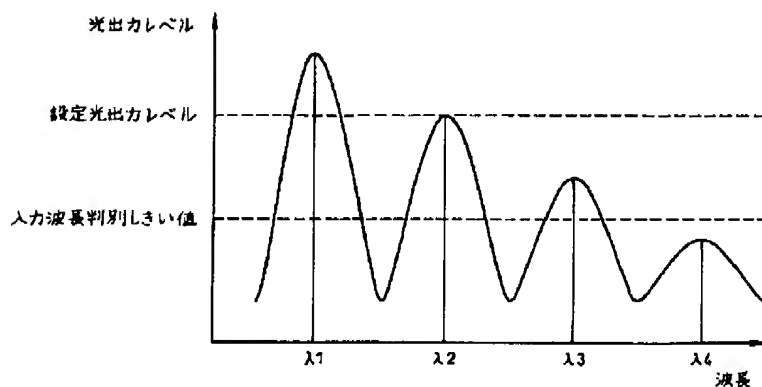
【符号の説明】

- 1, 4 アレイ導波路格子 (AWG)
- 2 可変光減衰器
- 3-1 ~ 3-n 光分岐カプラ
- 5 駆動回路部
- 6 前段光増幅部
- 7 後段光増幅部
- 8 ALC回路部
- 9-1 ~ 9-n ホトダイオード (PD)
- 10 CPU
- 11-1 ~ 11-n D/A変換器
- 12-1 ~ 12-n A/D変換器

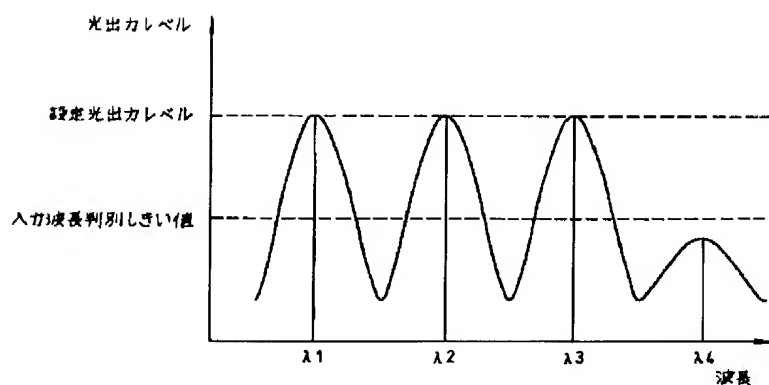
【図1】



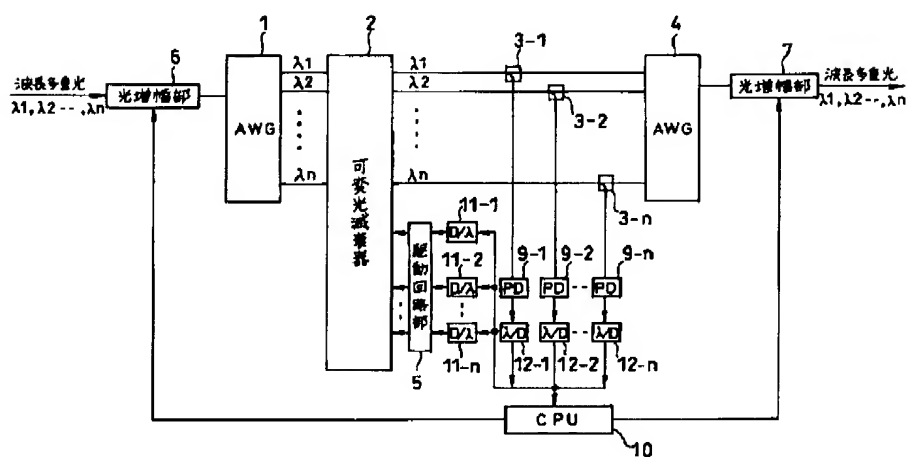
【図2】



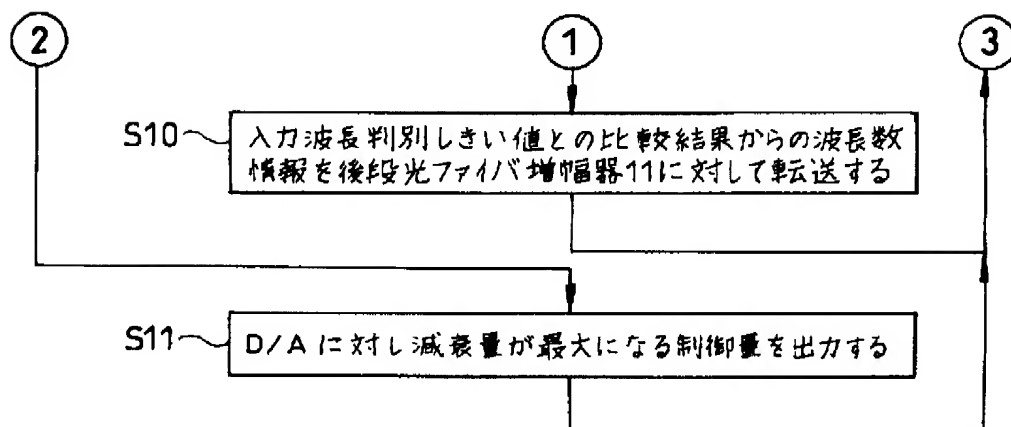
【図3】



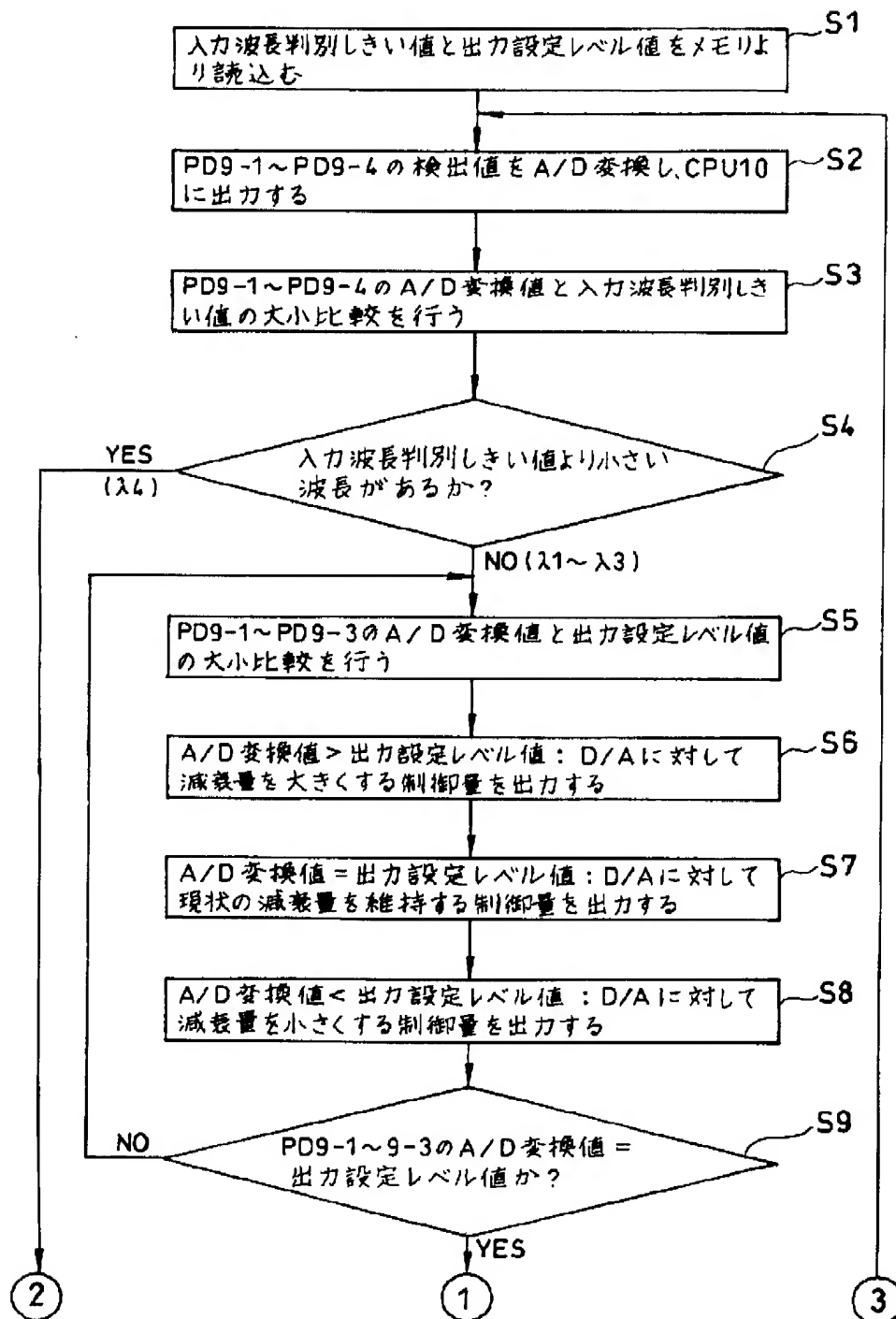
【図4】



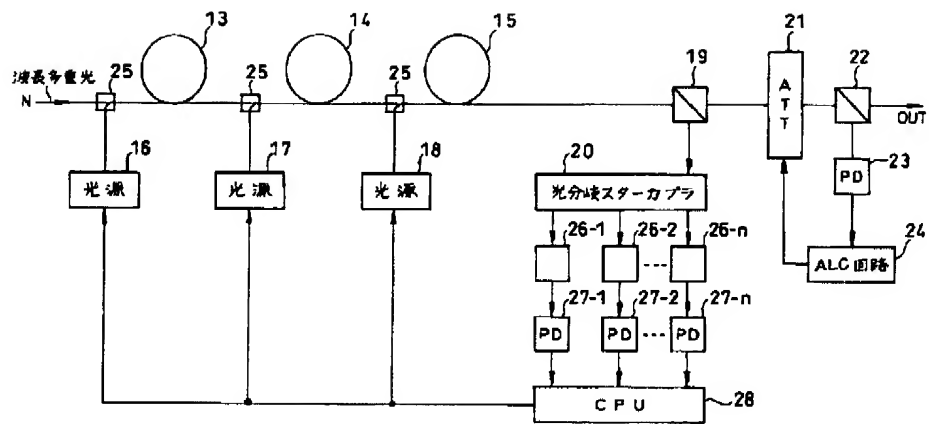
【図6】



【図5】



【図7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

H04J 14/00

14/02

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)